

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-4795

(P2004-4795A)

(43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

G02F 1/17

G02F 1/17

2E039

C03C 17/34

C03C 17/34

Z

2H048

E06B 5/00

E06B 5/00

B

2K009

E06B 9/24

E06B 9/24

A

4G059

G02B 1/11

G02B 5/26

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-117565 (P2003-117565)

(22) 出願日 平成15年4月22日 (2003.4.22)

(31) 優先権主張番号 特願2002-119105 (P2002-119105)

(32) 優先日 平成14年4月22日 (2002.4.22)

(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

特許法第30条第1項適用申請有り 2002年3月27日 (社) 応用物理学会発行の「2002年 (平成14年) 春季第49回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 No. 2」に発表

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所

東京都千代田区霞が関1-3-1

(74) 代理人 100102004

弁理士 須藤 政彦

(72) 発明者 金 平

愛知県名古屋市守山区大字下志段味字穴ヶ洞2266番地の98 独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内

Fターム(参考) 2E039 AB03

2H048 FA05 FA12 FA13 FA16

2K009 AA02 BB02 CC02 DD03

4G059 AA01 AC04 AC06 DA01 DA02

DA04 DA05 EA01 EA02 EA03

EA04 EA05 EA10 EA12 EB02

EB04

(54) 【発明の名称】 多機能自動調光断熱ガラス及び空調方法

(57) 【要約】

【課題】 多機能自動調光断熱ガラス及び空調方法等を提供する。

【解決手段】 ガラスに酸化バナジウム系調光膜を被膜した多機能自動調光断熱ガラスであって、(1) ガラスに酸化バナジウム系調光膜及び可視光反射防止膜を形成する、(2) 上記酸化バナジウム系調光膜の調光温度を適切快適温度に設定する、或いは上記ガラスを設置する空間の空調温度付近の所定のレベルに設定する、ことにより上記ガラスに調光及び断熱機能を付加したことを特徴とする多機能自動調光断熱ガラス、調光方法、空調方法、及び空調システム。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ガラスに酸化バナジウム系調光膜を被膜した多機能自動調光断熱ガラスであって、

(1) ガラスに酸化バナジウム系調光膜及び可視光反射防止膜を形成する、

(2) 上記酸化バナジウム系調光膜の調光温度を上記ガラスを設置する空間の適切快適温度付近の所定のレベルに設定する、

ことにより上記ガラスに調光及び断熱機能を付加したことを特徴とする多機能自動調光断熱ガラス。

## 【請求項2】

可視光反射防止膜が、酸化チタン系材料からなる、請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラス。 10

## 【請求項3】

可視光反射防止膜が、ITO、ZnO系及びSnO<sub>2</sub>系(系は元素添加のものを含む)又はほかの透明導電体材料からなる、請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラス。

## 【請求項4】

可視光反射防止膜が、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CeO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、HfO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、又はZnSの適切光学定数を持つ誘電体材料からなる、請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラス。

## 【請求項5】

酸化バナジウム系調光膜が、酸化バナジウム、金属元素を添加した酸化バナジウム、非金属元素を添加した酸化バナジウム、又は化合物を添加した酸化バナジウムである、請求項1記載の自動調光断熱ガラス。 20

## 【請求項6】

請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラスに、ITO、ZnO系、SnO<sub>2</sub>系又はほかの透明導電体による熱線反射層を導入して複層構造としたこと、又はAg、Au、Pt、Cu、Al又はほかの熱線反射物質を添加して複層構造としたことを特徴とする多機能自動調光断熱ガラス。

## 【請求項7】

調光膜の調光温度を上記ガラスを設置する空間の所定の暖房温度付近に設定し、常に可視光を透過させ、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの光熱を透過させ、調光温度を上回るとき暖房熱を室内に反射して断熱するようにした、請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラス。 30

## 【請求項8】

調光膜の調光温度を上記ガラスを設定する空間の所定の冷房温度付近に設定し、常に可視光を透過させ、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部から過剰の太陽光熱を遮断するようにした、請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラス。

## 【請求項9】

調光膜の調光温度を所定快適温度付近に設定し、上記ガラスを設定する空間の温度が上記調光温度を上回るとき過剰の太陽光熱を遮断させ、下回るとき外部からの太陽光熱を透過させ、また、常に可視光を透過させ、暖房熱を室内に反射して断熱するようにした、請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラス。 40

## 【請求項10】

請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラスを構成要素として含むことを特徴とする調光及び断熱機能を有する構造部材。

## 【請求項11】

請求項1記載の多機能自動調光断熱ガラスを調光する方法であって、

調光膜の調光温度を上記ガラスを設置した空間の所定の暖房温度付近に設定し、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの光熱を透過させ、調光温度を上回るとき光の可視部分を透過させ、暖房熱を室内に反射して断熱することを特徴とする調光方法。

## 【請求項12】

請求項 1 記載の多機能自動調光断熱ガラスを調光する方法であって、  
調光膜の調光温度を上記ガラスを設定した空間の所定の冷房温度付近に設定し、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部からの太陽光熱を遮断することを特徴とする調光方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 記載の多機能自動調光断熱ガラスを調光する方法であって、  
調光膜の調光温度を所定快適温度付近に設定し、上記ガラスを設定する空間の温度が上記調光温度を上回るとき過剰の太陽光熱を遮断させ、下回るとき外部からの太陽光熱を透過させ、また、常に可視光を透過させ、暖房熱を室内に反射して断熱することを特徴とする調光方法。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 記載の多機能自動調光断熱ガラスにより空間を省エネルギーで空調する方法であって、  
調光膜の調光温度を上記ガラスを設置した空間の所定の空調温度付近に設定し、暖房時には、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの太陽光熱を透過させ、調光温度を上回るとき可視光を透過させ、外部への暖房熱の放出を遮断し、冷房時には、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部からの過剰の太陽光熱を遮断することを特徴とする空調方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 記載の多機能自動調光断熱ガラスを用いた空調システムであって、  
上記多機能自動調光断熱ガラスと、当該断熱ガラスを設置する空間の温度を所定のレベルに自動制御する機能を有する空調装置を構成要素として含み、調光膜の調光温度を上記ガラスを設置した空間の所定の空調温度付近に設定し、暖房時には、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの光熱を透過させ、調光温度を上回るとき可視光を透過させ、外部への暖房熱の放出を遮断し、冷房時には、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部からの過剰の太陽光熱を遮断するようにしたことを特徴とする上記空調システム。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、調光機能と断熱機能を併せ持つ新規多機能自動調光断熱ガラスに関するものであり、更に詳しくは、酸化バナジウム系調光膜と可視光反射防止膜、熱線反射膜を被膜したガラスに断熱機能、紫外線遮断機能、環境浄化機能等を付加することを可能とする新しいタイプの多機能自動調光断熱ガラス、当該ガラスを調光及び空調する方法等に関するものである。本発明は、例えば、建築物や自動車、列車、船舶、飛行機などの移動体に、省エネルギー、快適居住性能、環境浄化、健康志向など複数の機能を同時に付加することを可能とする新しい多機能自動調光断熱ガラス及びその応用技術を提供するものとして有用である。

30

【0002】

【従来の技術】

一般に、酸化バナジウム系化合物、すなわち酸化バナジウム ( $\text{VO}_2$ ) を代表とするバナジウムの酸化物は、68℃で半導体・金属相転移によるサーモクロミック特性（温度による光特性の可逆な変化）を有し、例えば、タングステン (W) などの金属元素の添加でその転移温度を下げるができるので、従来、主に、環境温度によって太陽光を自動的に調節できる窓コーティング材料として研究されている（非特許文献 1 参照）。酸化バナジウム系調光窓材料については、構造が非常に簡単な上、赤外調光率が非常に大きく、調光時にも常に可視光透明であるという大きな利点がある。ここで、酸化バナジウム系とは、転移温度調節のために元素添加などを行った酸化バナジウムを含む、酸化バナジウムを中心とした調光材料を意味する。しかしながら、従来型の酸化バナジウム系調光材料については、もともと可視光範囲での光透過率が非常に小さいことや、単一な調光機能しか持たないことなどの大きな欠点があった。

40

50

## 【0003】

また、従来、可視光に対して透明性で、赤外線（熱線）を反射する機能を有する低放射ガラス（Low-Eガラス、熱線反射ガラス）がある。これには、主としてAg, Au, Cu, Pt, Alなどの金属薄膜、或いはTiN, ZrN, HfN, CrNなどの金属窒化物薄膜、或いは透明導電性酸化物薄膜、及び保護、反射防止を施した上述の薄膜の複層が使われている（非特許文献2参照）。建築用の低放射ガラスは、例えば、夏に太陽光の流入防止による冷房負荷の低減、或いは冬の暖房熱の放出の防止による断熱に使われている。しかしながら、それらの低放射ガラスは、いずれの状況においても熱線を反射するだけであり、例えば、夏には過剰な日射熱を反射するが、冬などに必要に応じて積極的に太陽光熱を室内に取り入れる機能、すなわち、環境温度によって自動的に光熱を調節する機能がない。

10

## 【0004】

また、他にも、熱によって調光する窓コーティング材料があり、例えば、特殊ハイドロゲルを使った自律応答型熱調光ガラスなどがある（非特許文献3参照）。しかしながら、それらは、優れた調光性を示す一方、熱で調光を行うとガラスが白濁となり、外が見えなくなるといった欠点がある。これらは、クリアな視界が常に要求される建築物や、特に、自動車などのような移動体の窓材料には適応されにくい。

一方、酸化チタン系（TiO<sub>2</sub>、元素添加のものを含む）光触媒は、防汚、抗菌、消臭、環境浄化などの多彩な機能を持っている（非特許文献4参照）。しかしながら、この光触媒材料では、サーモクロミック調光機能を示すことがない。

20

## 【0005】

## 【非特許文献1】

S. M. Babulanam, T. S. Eriksson, G. A. Niklasson and C. G. Granqvist: Solar Energy Materials, 16 (1987) 347

## 【非特許文献2】

ニューガラスハンドブック、ニューガラスハンドブック編集委員会編、1991年、丸善

## 【非特許文献3】

渡辺晴男：太陽エネルギー、1997年、23巻、49頁

## 【非特許文献4】

工業材料、1999年、6月号

30

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

このような状況の中で、本発明者は、上記従来技術に鑑みて、上記従来技術の諸問題を抜本的に解決することを可能とする新しい多機能調光材料を開発することを目標として鋭意研究を積み重ねた結果、酸化バナジウム系調光膜及び可視光反射防止膜を被覆したガラスの調光温度を制御して空調を行うことにより、ガラスに自動調光断熱機能、紫外線遮断機能、環境浄化機能等を付加して多機能化し得ることを見出し、更に研究を重ねて、本発明を完成するに至った。すなわち、本発明は、従来型の酸化バナジウム系調光材料における可視光透過率が小さいことを抜本的に解決すると同時に、新しく諸般機能を加えた多機能自動調光断熱ガラスを提供することを目的とする。また、本発明は、調光膜の構造や位置、調光温度を適切に設定することにより従来型の低放射断熱ガラスと同程度の断熱機能、また、従来型に全くない新しい機能、すなわち調光機能、を持たせることを可能とする新しい多機能自動調光断熱ガラスを提供することを目的とする。また、本発明は、可視光反射防止膜に透明導電体などを使うことによる熱線反射機能の強化、反射防止膜に酸化チタン系光触媒膜を使うことによって環境浄化機能、優れた紫外線遮断機能などの複数の機能を同時的に有する多機能自動調光断熱ガラスを開発し、提供することを目的とする。更に、本発明は、サーモクロミック自動調光機能、防汚、抗菌、消臭、環境浄化、撥水、或いは親水などの光触媒機能、有害紫外線遮断機能、更に、常に透明な視界を維持する高光透過性機能、及び高度な断熱機能等を具備した新しい高性能ガラスを開発し、提供すること

40

50

を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明では、以下の構成が採用される。

(1) ガラスに酸化バナジウム系調光膜を被膜した多機能自動調光断熱ガラスであって、  
(a) ガラスに酸化バナジウム系調光膜及び可視光反射防止膜を形成する、  
(b) 上記酸化バナジウム系調光膜の調光温度を上記ガラスを設置する空間の適切快適温度付近の所定のレベルに設定する、  
ことにより上記ガラスに調光及び断熱機能を付加したことを特徴とする多機能自動調光断熱ガラス。

10

(2) 可視光反射防止膜が、酸化チタン系材料からなる、前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラス。

(3) 可視光反射防止膜が、ITO、ZnO系及びSnO<sub>2</sub>系(系は元素添加のものを含む)又はほかの透明導電体材料からなる、前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラス。

(4) 可視光反射防止膜が、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CeO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、HfO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、又はZnSの適切光学定数を持つ誘電体材料からなる、前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラス。

(5) 酸化バナジウム系調光膜が、酸化バナジウム、金属元素を添加した酸化バナジウム、非金属元素を添加した酸化バナジウム、又は化合物を添加した酸化バナジウムである、前記(1)記載の自動調光断熱ガラス。

20

(6) 前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラスに、ITO、ZnO系、SnO<sub>2</sub>系又はほかの透明導電体による熱線反射層を導入して複層構造としたこと、又はAg、Au、Pt、Cu、Al又はほかの熱線反射物質を添加して複層構造としたことを特徴とする多機能自動調光断熱ガラス。

(7) 調光膜の調光温度を上記ガラスを設置する空間の所定の暖房温度付近に設定し、常に可視光を透過させ、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの光熱を透過させ、調光温度を上回るとき暖房熱を室内に反射して断熱するようにした、前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラス。

30

(8) 調光膜の調光温度を上記ガラスを設定する空間の所定の冷房温度付近に設定し、常に可視光を透過させ、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部から過剰の太陽光熱を遮断するようにした、前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラス。

(9) 調光膜の調光温度を所定快適温度付近に設定し、上記ガラスを設定する空間の温度が上記調光温度を上回るとき過剰の太陽光熱を遮断させ、下回るとき外部からの太陽光熱を透過させ、また、常に可視光を透過させ、暖房熱を室内に反射して断熱するようにした、前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラス。

(10) 前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラスを構成要素として含むことを特徴とする調光及び断熱機能を有する構造部材。

(11) 前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラスを調光する方法であって、調光膜の調光温度を上記ガラスを設置した空間の所定の暖房温度付近に設定し、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの光熱を透過させ、調光温度を上回るとき光の可視部分を透過させ、暖房熱を室内に反射して断熱することを特徴とする調光方法。

40

(12) 前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラスを調光する方法であって、調光膜の調光温度を上記ガラスを設定した空間の所定の冷房温度付近に設定し、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部からの太陽光熱を遮断することを特徴とする調光方法。

(13) 前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラスを調光する方法であって、調光膜の調光温度を所定快適温度付近に設定し、上記ガラスを設定する空間の温度が上記調光温度を上回るとき過剰の太陽光熱を遮断させ、下回るとき外部からの太陽光熱を透過させ、また、常に可視光を透過させ、暖房熱を室内に反射して断熱することを特徴とする調光方法

50

。(14) 前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラスにより空間を省エネルギーで空調する方法であって、

調光膜の調光温度を上記ガラスを設置した空間の所定の空調温度付近に設定し、暖房時には、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの太陽光熱を透過させ、調光温度を上回るとき可視光を透過させ、外部への暖房熱の放出を遮断し、冷房時には、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部からの過剰の太陽光熱を遮断することを特徴とする空調方法。

(15) 前記(1)記載の多機能自動調光断熱ガラスを用いた空調システムであって、上記多機能自動調光断熱ガラスと、当該断熱ガラスを設置する空間の温度を所定のレベルに自動制御する機能を有する空調装置を構成要素として含み、調光膜の調光温度を上記ガラスを設置した空間の所定の空調温度付近に設定し、暖房時には、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの光熱を透過させ、調光温度を上回るとき可視光を透過させ、外部への暖房熱の放出を遮断し、冷房時には、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部からの過剰の太陽光熱を遮断するようにしたことを特徴とする上記空調システム。

【0008】

【発明の実施の形態】

次に、本発明について更に詳細に説明する。

本発明では、ガラスに、酸化バナジウム系調光材料及び可視光反射防止材料、熱線反射材料などを適切順番及び厚さでコーティングして複層構造を形成する。本発明では、上記酸化バナジウム系調光膜の調光温度を人間に快適な温度、あるいは上記ガラスを設置する空間の空調温度付近の所定のレベルに設定するが、好適には、例えば、調光温度を室内暖房温度付近、或いはそれよりやや低め(例えば、20℃)に設定するために、酸化バナジウム調光系にタングステンなどの元素の添加を行う(特開平7-331430、サーモクロミック材料の製造法、特開平8-3546、サーモクロミック材料の製造方法)。本発明では、ガラスに上記酸化バナジウム系調光膜に加え、可視光反射防止膜を形成するが、この場合、例えば、 $TiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $ZnO$ 、 $SiN_x$ などの一連の化合物が有効であり、特に、上記可視光反射防止膜に酸化チタン系光触媒薄膜を使う場合が最も好適であり、また、熱線反射機能強化のため、ITO、ZnO系、 $SnO_2$ 系など、透明導電体薄膜が好適である。これらの材料は特に制限されるものではなく、上記化合物と同効のものであれば同様に使用することができる。これにより、可視光透過率の向上のほか、高度な熱線反射機能、防汚、抗菌、消臭、環境浄化、撥水、或いは親水などの光触媒機能及び紫外線遮断機能が得られる。

【0009】

酸化バナジウム系調光薄膜、及び酸化チタンやその他の可視光反射防止材料、例えば、 $ZrO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiN_x$ 、ITO、ZnO系、 $SnO_2$ 系など、からなる複層薄膜系の最適構造、すなわち、最適な膜構造の組み合わせや膜厚さの組み合わせは、後記する実施例に示されるように、各物質の光学常数を使って精密な光学計算により算出することができる。本発明においては、上述の光学系に、その性能を考慮して可視光反射防止効果を含め、熱線反射機能、太陽光調光機能などを最大限にするために、最も有効な材料や構造の選択や組み合わせ、また、多層膜やその傾斜組成、或いは傾斜構造を有する薄膜、或いは粒子分散系等の使用がその使用目的に応じて任意に設計可能であることは言うまでもない。酸化バナジウム系調光薄膜の調光温度は、好適には、例えば、精密な元素添加などにより暖房の設定温度(例えば、22℃)よりやや低い温度(例えば、20℃)付近に設定するが、本発明は、これらに制限されるものではなく、人間を快適と感じる空間温度、省エネルギーに最も有効な設定温度、又は空調温度と関連させた形で任意のレベルの温度に設定することができる。

【0010】

本発明では、酸化バナジウムに金属元素又は非金属を添加してその調光温度を所定のレベルに任意に制御することができる。この場合、例えば、タングステンの添加は、酸化バナ

ジウム系調光膜の調光温度の制御に非常に有効である。しかしながら、本発明は、タングステンの添加に制限されるものではなく、調光温度の制御のために、酸化バナジウムへの他の金属、或いは非金属、例えば、Mo, Nb, Ta, F, N等の添加が有効であることは言うまでもない。また、本発明においては、調光系の熱線反射機能の向上のために、酸化バナジウムへの元素添加、例えば、Ag, Au, Cu, Al, Nなどの添加、或いは薄膜系に熱線反射層、例えば、ITO, ZnO系, SnO<sub>2</sub>系、Ag, Au, Cu, Al, TiN, ZrNなどの取り入れ、などを行うことができる。また、調光系の色調調整のために、元素添加や薄膜層の導入、などを行うことができる。更に、公知の諸方法により酸化チタン光触媒の特性を向上させる方法を、本発明における酸化チタン系薄膜にも適用し得ることは言うまでもない。

10

#### 【0011】

本発明において、一つの例として、単板窓ガラスの場合の薄膜系については、ガラスの室内側に薄膜系が形成されるが、目的に応じて、室外側に形成することも可能である。また、ペアガラスの場合の薄膜系については、目的に応じて、室内側、室外側、またはペアガラスが挟む内側のどちらかに位置することも可能である。すなわち、本発明においては、設定温度やガラスに対する薄膜系の位置などは、必要に応じて、任意に変えることが可能である。

#### 【0012】

タングステン添加酸化バナジウム薄膜の作製には、例えば、反応性スパッタ法が使われる。この場合、タングステンを所定量含むバナジウムの合金ターゲットを反応性スパッタ、或いはタングステンとバナジウムターゲットを二元同時スパッタ、あるいはタングステンを含む酸化バナジウム化合物ターゲットをスパッタすることにより、所定のタングステン添加の酸化バナジウム薄膜を作製する。同様に、可視光反射防止膜や熱線反射薄膜の作製も、例えば、スパッタ法により行われるが、これに制限されるものではない。

20

#### 【0013】

酸化チタン系可視光反射膜については、例えば、チタン金属ターゲットを使った反応性スパッタ法、酸化チタン化合物ターゲットをスパッタする方法等により形成される。この場合、酸化チタンの光触媒特性の向上には元素添加や組成制御などが有効であり、スパッタ条件を精密に制御することにより所定の結晶相が形成される。本発明において、薄膜の製造方法としては、上述のように、スパッタ法が好適な例として例示されるが、その他の方法、例えば、真空蒸着法、ゾルゲル法、スプレー法、CVD法などの方法も、本発明に係る薄膜材料についての所定の構造及び諸特性が得られる限り、有効であり、これらの作製方法については特に制限されるものではない。

30

#### 【0014】

本発明では、前記のように、ガラスに酸化バナジウム系調光薄膜及び可視光反射防止膜を被膜する。この場合、可視光反射防止膜として酸化チタン光触媒薄膜を使用すると、サーモクロミック自動調光機能の他に、防汚、抗菌、消臭、環境浄化、撥水、或いは親水などの光触媒機能、有害紫外線カット機能、更に、調光時に透明で高い可視光透過性を具備した高性能自動調光断熱ガラスとすることができる。

#### 【0015】

本発明では、前記のように、ガラスに酸化バナジウム系調光薄膜、可視光反射防止膜、熱線反射薄膜などを被膜する。この場合、反射防止とともに熱線反射強化のため、ITO, ZnO系, SnO<sub>2</sub>系など、透明導電体薄膜を使用すると、高度な断熱機能を具備した高性能自動調光断熱ガラスとすることができる。

40

#### 【0016】

本発明において、最も重要な点は、薄膜系の構造、調光温度、形成位置などを正確に設定することによって、自動調光及び断熱機能、すなわち、自動調光及び熱線反射機能をガラスに付加することを可能にしたことである。本発明の多機能自動調光断熱ガラスの構造及び作用効果の概略を図1に基づいて説明する。ここでは、単板ガラスにTiO<sub>2</sub> / VO<sub>2</sub> / TiO<sub>2</sub> 3層構造を形成したものを一例として説明する。しかし、本発明の多機

50

能自動調光断熱ガラスの構造は、この例に制限されるものではなく、元素添加などによる調光系薄膜の調光温度の設定や熱線反射特性の強化、 $TiO_2$ 系以外の可視光反射防止、保護及び反射色調調整などのための膜材料の使用、及び効果的な複層構造の構築等が任意に実施できることは言うまでもない。

#### 【0017】

以下、図1に基づいて本発明の自動調光断熱の機構を詳しく説明する。夏季など環境温度がガラスの調光温度を上回る時、調光膜が金属特性で、可視光を透過させるが過剰な太陽光熱を遮断する(右)。一方、冬季など環境温度がガラス調光温度を下回る時、調光膜が半導体特性で、太陽光熱をよく透過し、太陽エネルギーを室内に取り入れることが可能となる(左)。また、冬季暖房時による室温の上昇で調光膜が金属特性となり、あるいは、熱線反射機能の強化により、常に暖房熱を室内に反射して熱の逃げを防止できる。

10

#### 【0018】

図2に例として自動調光断熱ガラスの基礎構造及び機能を説明する。基本的にはガラスの上に順次に反射防止(AR)及び機能(例えば熱線反射)層、調光層、反射防止及び機能(例えば環境浄化)層の3層構造となるが、必要に応じて層の数を増減できることが言うまでもない。建築物や移動体に応用すると、透明性、紫外線遮断、自動調光断熱、環境浄化など複数の機能する。

#### 【0019】

図3にガラスと自動調光断熱コーティングとの位置関係の例を示す。単板ガラスの場合、薄膜層をガラスの室内側、或いは室外側にコーティングすることにより構成される。ペアガラスの場合、薄膜層は、室外側ガラスの両面のどちらか、或いは、室内側ガラスの両面のどちらかにコーティングして構成する。図には示していないが、ガラスが3層となる真空ガラスや、合わせガラスなどにも必要な位置でコーティング層を形成することが可能となり、コーティングとガラスとの位置関係に関する制限がない。

20

#### 【0020】

図4に空調による自動調光断熱方法の一例を示す。冬季暖房時温度(例えば、 $22^{\circ}C$ )よりやや低めに調光膜の作動温度(例えば、 $20^{\circ}C$ )を設定し、冬の場合、室外温度が例えば $5^{\circ}C$ とすると、暖房を使わない場合、室内温度が $20^{\circ}C$ より下回るため、調光膜が半導体特性で光熱をよく透過し、太陽光エネルギーを室内に取り入れることが可能となる[図4(A)]。次に、暖房が作動すると、室温が $22^{\circ}C$ に上がり、ガラスの内側にある調光膜が相転移によって自動的に金属特性となり、可視光を透過させるが、赤外線や熱を反射し、暖房時室内から暖房熱の放出を防ぐことができる[図4(B)]。

30

#### 【0021】

また、夏の場合、気温が、或いは冷房があってもその設定温度が、通常 $20^{\circ}C$ を上回るので、調光膜が常に金属特性となり、室外からの過剰な太陽熱や外からの輻射熱を遮断することができる。その他の季節にも、環境温度に応じて自動的に調光及び断熱を行うことができる。更に、最外層に酸化チタン系を使用することにより、可視光反射防止の他、光触媒効果により室内環境浄化など複数の機能を発揮させることができる。

#### 【0022】

以上は、単板ガラスの場合の一例であるが、ペアガラスの場合、ガラスの室内側にコーティングする場合、及びガラスの室外側やペアガラスの中間にコーティングする場合のいずれでも、設定した調光温度により、目的に応じて、太陽光や熱の透過・反射を自動的に制御することができる。すなわち、本発明では、必要に応じて、コーティングの形成位置を選ぶことができ、また、必要に応じて、調光温度を任意のレベルに設定することができる。

40

#### 【0023】

本発明の材料系において、可視光透過率を最大にするための膜厚の最適構成を反射防止理論、例えば、“Transfer-Matrix”法により、計算することができる(B. Harbecke: Appl. Phys. B39(1985)165)。また、酸化バナジウム、酸化チタンなど関係物質の光学定数(M. Tazawa, P. Jin, S.

50



Tanemura: Applied Optics 37 (1998) 1858, Handbook of Optical Constants of Solids I: Edward D. Palik, ed. Academic Press, (1998) 799.) から精密に計算を行い、各層物質の最適膜厚を得ることができる。

【0024】

本発明では、材料系として、酸化バナジウム、金属元素を添加した酸化バナジウム、非金属元素を添加した酸化バナジウム、化合物を添加した酸化バナジウムを用いることができる。この場合、例えば、タングステン添加酸化バナジウム薄膜の作製には、前述のように、反応性スパッタ法が使われる。すなわち、タングステンとバナジウムの合金ターゲットを反応性スパッタ、或いはタングステンとバナジウムターゲットを二元同時スパッタすることにより所望のタングステン添加の酸化バナジウム薄膜を作製することができる（特開平7-331430、サーモクロミック材料の製造法）。

10

【0025】

本発明では、ガラスに上記酸化バナジウム系調光膜に加え、可視光反射防止膜を被膜する。当該可視光反射防止膜として、好適には、酸化チタン系材料が使用されるが、これらに限らず、これらと同効の材料であれば同様に使用することができる。この場合、例えば、酸化チタン光触媒薄膜は、例えば、チタン金属ターゲットを使った反応性スパッタ法、酸化チタンセラミックターゲットをスパッタする方法等により形成される。この場合、スパッタ条件を精密に制御することにより所定の結晶相が形成される。

20

【0026】

本発明では、ガラスに上記酸化バナジウム系調光膜に加え、可視光反射防止効果のほか、例えば熱線反射効果を持つもの、例えばITOなど透明導電体或いは同効のものや、ガラスに傷を付けにくくするためのアルミナ系やジルコニア系或いは同効のものなどを併用することが可能である。

【0027】

上述のように、本発明の多機能自動調光断熱ガラスの作製に使用したスパッタ法は、大面積窓を均一にコーティングするためにもっとも適切な方法の一つである。しかし、その他の成膜方法、例えば、真空蒸着法、CVD法、ゾルゲル法など、本発明の薄膜材料についての所定の諸特性が得られる限り、それらの作製方法は、特に制限されるものではない。

30

【0028】

本発明では、上記多機能自動調光断熱ガラスに、熱線反射層を導入して複層構造とすること、又は熱線反射物質を添加することにより、上記ガラスに熱線反射機能を強化することができる。また、本発明では、上記多機能自動調光断熱ガラスと、当該自動調光断熱ガラスを設置する空間の温度を所定のレベルに自動制御する機能を有する空調装置を構成要素として含む空調システムを構築することができる。この場合、上記空調装置としては、上記自動調光断熱ガラスを設置する空間の温度を自動調節する機能を有するものであればその種類に制限されることなく使用することができる。それにより、調光膜の調光温度を上記自動調光断熱ガラスを設置した空間の所定の設定空調温度付近に設定し、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの光熱を透過させ、調光温度を上回るとき光熱を遮断して省エネルギーで所定の快適温度に空調することが可能な空調システムを提供することができる。本発明において、上記空調システムは、上記多機能調光断熱ガラスに適宜の手段を付加して構築することが可能であり、その具体的な手段は特に制限されるものではなく、適宜の手段を用いて任意に設計することができる。

40

【0029】

【作用】

本発明は、ガラスに酸化バナジウム系調光膜を被膜した多機能自動調光断熱ガラスであって、(1)ガラスに酸化バナジウム系調光膜及び可視光反射防止膜を形成する、(2)上記酸化バナジウム系調光膜の調光温度を適切快適温度に設定する、或いは上記ガラスを設置する空間の空調温度付近の所定のレベルに設定する、ことにより上記ガラスに調光及び

50

断熱機能を付加したことを特徴とする多機能自動調光断熱ガラス、であり、この構成により、ガラスに、調光機能、可視光反射防止性、可視光透過性、断熱性、紫外線遮断、環境浄化等の複数の機能を同時に付加することを可能とするだけでなく、その調光、可視光反射防止、及び断熱機能を総合することにより、所定の空間を効率よく省エネルギーで空調することを可能とする新しい空調方法及び空調システムを構築することを実現化することができる。即ち、本発明は、例えば、冬の暖房時には、調光膜の調光温度を上記ガラスを設置する空間の所定の設定暖房温度付近に設定し、空間の温度が上記調光温度を下回るとき外部からの光熱を透過させ、調光温度を上回るとき可視光を透過させ、暖房熱を室内に反射して断熱するようにすることができる。また、本発明では、例えば、夏の冷房時には、調光膜の調光温度を上記ガラスを設定する空間の所定の設定冷房温度付近に設定し、空間の温度が上記調光温度を上回るとき外部からの光熱を遮断するようにすることができる。また、本発明では、例えば、暖冷房無し時には、調光膜の調光温度を所定快適温度に設定し、上記ガラスを設定する環境の温度が上記調光温度を上回るとき外部からの過剰な光熱を自動的に遮断し、下回るとき外部から太陽光熱を取り入れるようにすることができる。

10

### 【0030】

#### 【実施例】

次に、本発明を実施例に基づいて具体的に説明するが、本発明は、以下の実施例によって何ら限定されるものではない。

#### 実施例1

20

##### (1) 方法

本実施例では、薄膜の作製に汎用型マグネトロンスパッタ装置を用いた。当該装置には、カソード3基まで配置することができ、それぞれに高周波電源又は直流電源で任意に電力制御することができる。この装置では、基板が回転可能であり、基板温度を室温から800℃までの範囲で精密に設定することができる。カソードに、市販のバナジウムターゲット(V、 $\phi 50\text{ mm}$ 、純度99.9%)、市販のタングステンターゲット(W、 $\phi 50\text{ mm}$ 、純度99.99%)、及び市販の酸化チタンターゲット( $\text{TiO}_2$ 、 $\phi 50\text{ mm}$ 、純度99.99%)を設置した。真空系を $2.5 \times 10^{-6}\text{ Pa}$ 以下に排気した後、アルゴン及び酸素ガスを導入して成膜を行った。基板温度を室温から500℃までの範囲に設定し、基板として、石英ガラス、シリコン単結晶、サファイア、耐熱ガラスなどを使用した。

30

### 【0031】

図2に示す基礎構造に、ガラスに、酸化バナジウム系調光膜及び酸化チタン系可視光反射防止膜を被膜した構造を例として、ガラスの上に $\text{TiO}_2 / \text{VO}_2 / \text{TiO}_2$ となる複層構造の最適な膜厚を、それらの物質の光学定数を使って反射防止理論式により計算した。その結果、 $\text{VO}_2$ の厚さが50nm、 $\text{TiO}_2$ の厚さが2層ともに25nm付近で可視光反射防止効果が最も高いことが判明した(図5)。

### 【0032】

また、図2に示す基礎構造に、ガラスに、ITO透明導電膜、酸化バナジウム系調光膜及び酸化チタン系可視光反射防止兼光触媒膜を被膜した構造( $\text{ITO} / \text{VO}_2 / \text{TiO}_2$ )を例として計算した。その結果、調光時に大きな透過率の変化(図6)と高度な熱線反射機能が得られた。

40

### 【0033】

そこで、この結果に基づいて、上記 $\text{TiO}_2 / \text{VO}_2 / \text{TiO}_2$ となる最適構造を上述のスパッタ法により作製した。 $\text{VO}_2$ 薄膜の作製には、基板温度500℃、全圧0.6Pa、酸素7%の条件で、バナジウムターゲットに高周波電力180Wを加えてスパッタを行い、厚さ50nmの酸化バナジウム薄膜を形成した。タングステン添加の $\text{VO}_2$ 薄膜の作製には、以上の条件に加え、タングステンターゲットに同10-40Wを加えて同時スパッタを行い、厚さ50nmのタングステン添加酸化バナジウム薄膜を形成した。

50

## 【0034】

また、同じ真空中に、酸化チタンターゲットを高周波電力160Wでアルゴンガス中にスパッタし、酸化バナジウムを挟む形で酸化チタンをそれぞれ25nmずつ形成した。得られた複層構造について、X線回折法、RBSなどにより、その組成及び構造評価を行った。

## 【0035】

石英ガラスやサファイアなどの透明基板上に形成した複層構造薄膜を有するサンプルを、温度制御が可能な分光光度計を用いて、20℃（酸化バナジウム系半導体相）及び80℃（同金属相）の分光透過率、同反射率を測定した。更に、波長2000nmの透過率の温度変化を取り、透過率・温度曲線から材料の調光温度を決めた。

10

## 【0036】

## (2) 結果

図5に、 $\text{VO}_2$  及び  $\text{TiO}_2$  の光学定数を使って反射防止理論式により系の可視光透過率を計算して、得られた最適な膜厚の組み合わせを示す。石英ガラスの上に厚さ50nmの $\text{VO}_2$  調光薄膜に対して、 $\text{TiO}_2 / \text{VO}_2 / \text{TiO}_2$  構造の $\text{TiO}_2$  の厚さがそれぞれ25nmの時、可視光透過率が最も高く、36%から62%と大きく向上したことが明らかであった。このことは、可視光透過率が可視光反射防止膜の作用により、実用的レベルに達したことを意味する。

## 【0037】

図6に、上記のスパッタ法により石英ガラス透明基板上に $\text{VO}_2$  (50nm) 及び  $\text{TiO}_2 / \text{VO}_2 / \text{TiO}_2$  (25nm/50nm/25nm) 構造をそれぞれ作製し、相転移前後（調光前後）の分光透過率及び同反射率の変化を調べた結果を示す。可視光領域で見られるように、 $\text{TiO}_2$  層の可視光反射防止による可視光透過率の大きな向上が実証された。また、赤外領域で見られるように、調光前後に可視光透過率・同反射率が余り変わらないが、赤外透過率・同反射率が大きく変化し、温度に依存する大きな赤外調光効果を示すことが判明した。また、赤外領域では波長が増加するに連れ、赤外調光効果が強化されていく傾向が明らかである。

20

## 【0038】

図7に、ガラスに、ITO透明導電膜、酸化バナジウム系調光膜及び酸化チタン系可視光反射防止兼光触媒膜を被膜した構造 ( $\text{ITO} / \text{VO}_2 / \text{TiO}_2$ ) の理論計算光学スペクトルを示す。調光時に大きな透過率の変化が得られた。

30

## 【0039】

図8に、上記自動調光ガラスの熱線反射特性（低温時、高温時）及び熱線反射強化後の熱線反射特性と、従来型熱線反射ガラス ( $\text{TiN}$ 型) との比較を実測値で示す。自動調光ガラスの調光前後、熱線反射率は数%から50%の間に可逆的に変化し、従来型と同程度の熱線反射特性を示す。また、ITOにより熱線反射特性を強化したサンプルでは、80%以上の熱線反射率を示し、高い断熱効果があることが証明されている。

## 【0040】

## 比較例1

従来型の熱線反射ガラスとして、石英ガラス基板上に  $\text{TiO}_2 / \text{TiN} / \text{TiO}_2$  (30nm/30nm/30nm) 構造をスパッタ法により作製したものを準備し、光学測定を行った。図9にこの系の分光透過率・同反射率を示す。この系は、可視光透過、赤外反射という典型的熱反射特性を示すが、図6及び図7に示すような温度による調光特性を有していない。

40

## 【0041】

以上、本発明を実施例に基づいて説明したが、本発明は前記した実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した構成要件を変更しない限り適宜の条件及び手段を用いて実施することができる。

## 【0042】

## 【発明の効果】

50

以上詳述したように、本発明は、従来型の熱線反射断熱ガラスに全く見られない多機能自動調光断熱ガラスを可能としたものであり、次のような格別の効果を奏する。可視光反射防止材料を使用することにより調光系の可視光透過率が大きく増大する。調光系の物性により調光を行っても常に高い透明性を持つ。反射防止に熱線反射物質の使用により優れた断熱性が得られ、また、反射防止膜を酸化チタン系光触媒とする場合、自動調光以外に、紫外線の95%以上遮断や環境浄化機能などの複数の機能を発揮する。調光温度を適切に設定することで夏における室外からの太陽光や輻射熱が遮断され、冬において積極的に太陽光の室内への取り込みと暖房熱の室内の閉じ込めが暖房温度（室内温度）によって自動的に調節される。構造が非常に簡単であり、調光のために人工エネルギーや余分の設備を必要としない。本発明は、自動調光断熱機能、高い透明性機能、強い紫外線遮断機能、様々な環境浄化機能などを統合した、従来にない、全く新しい多機能自動調光断熱ガラスを提供することを可能とする。建築物や自動車、列車、船舶、飛行機などの移動体に、省エネルギー、健康快適、環境浄化などの複数の機能を付加することを可能とする。新しい多機能自動調光断熱ガラスとして、建築産業その他産業界への応用が大いに期待できる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の自動調光断熱の機構を説明する概略図である。

【図2】図2は、本発明の自動調光断熱ガラスとなる基礎構造及び機能を示す。

【図3】図3は、自動調光断熱コーティングとガラスとの位置関係を、単板ガラス、ペアガラス、の例として示す。

【図4】図4は、空調による自動調光断熱方法の一例を示す。

20

【図5】図5は、反射防止理論により計算した $TiO_2$  (d1) /  $VO_2$  (50nm) /  $TiO_2$  (d2) 複層構造の膜厚と可視光透過率( $T_{vis}$ )との関係を示す。

【図6】図6は、本発明に関して、石英ガラス基板上に形成した $VO_2$  (50nm) 及び $TiO_2$  /  $VO_2$  /  $TiO_2$  (25nm / 50nm / 25nm) 構造の相転移前後（調光前後）の分光透過率の変化を示す。

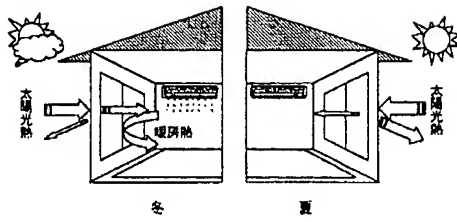
【図7】図7は、ガラス上のITO /  $VO_2$  /  $TiO_2$  構造を最適化計算した調光時の透過スペクトルの一例を示す。

【図8】図8は、自動調光ガラスの熱線反射特性（低温時、高温時、熱線反射強化型）と従来型熱線反射ガラス（ $TiN$ 型）との比較を赤外スペクトル実測値で示す。

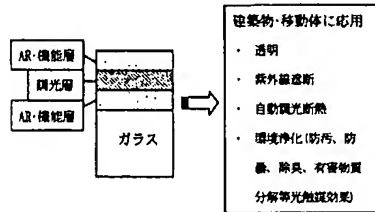
【図9】図9は、石英ガラス基板上に形成した従来型の熱線反射ガラスの一例、 $TiO_2$  /  $TiN$  /  $TiO_2$  (30nm / 30nm / 30nm) 構造の分光透過率及び同反射率を示す。

30

【図1】

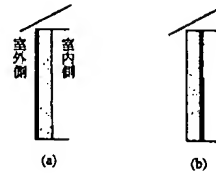


【図2】

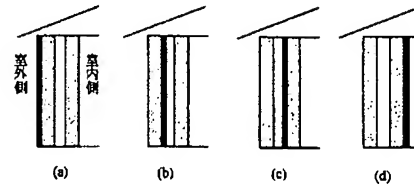


【図3】

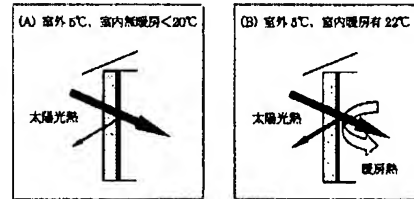
① 単板ガラスの場合



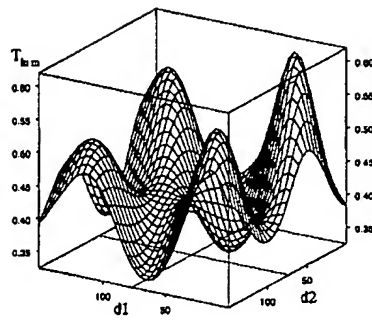
② ペアガラスの場合



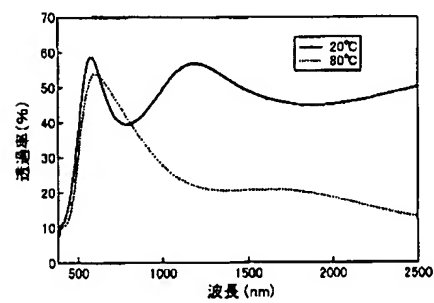
【図4】



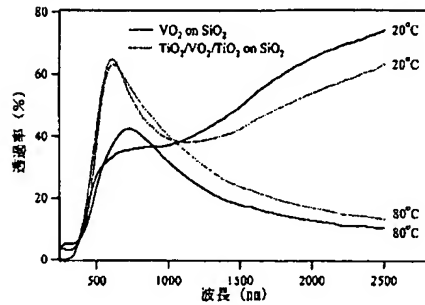
【図5】



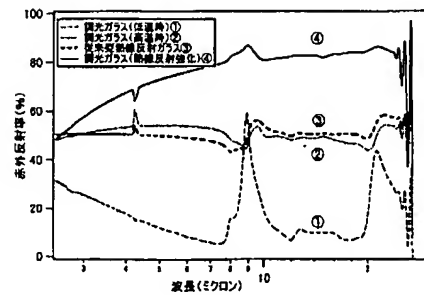
【図7】



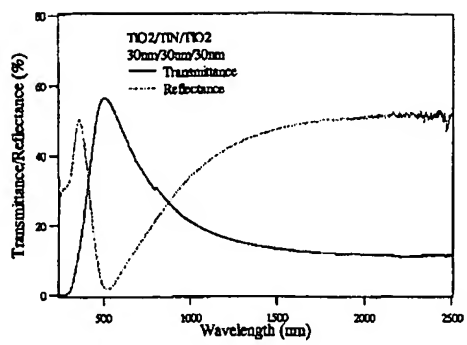
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 5/26

F I

G 0 2 B 1/10

A

テーマコード (参考)